



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia y  
un concreto autocompactante, Lima-2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORA:**

Lozano Villaseca, Tanit Pierina (ORCID: 0000-0003-0692-2084)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar principalmente este trabajo a Dios que es el creador y hacedor de todo lo que soy, gracias a mis padres Héctor y María que siempre son mi más grande apoyo y mi motivación, a mis hermanas Nahir y Loysi por sus palabras de aliento a lo largo de este camino y gracias mi amor, Brian por ser mi fortaleza siempre, por acompañarme muy de cerca en este trabajo.

### **Agradecimiento**

Agradezco eternamente al Dr. Gerardo Cancho quien no solo fue nuestro asesor técnico y metodológico en el desarrollo de este proyecto de investigación sino que muchas veces fue quien nos dio aliento a seguir este largo proceso.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y diseño de Investigación.....	10
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.3 Población, muestra y muestreo.....	10
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5 Procedimiento.....	12
3.6 Método de análisis.....	12
3.7 Aspectos Éticos.....	12
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	266
VI. CONCLUSIONES.....	288
VII. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS.....	35

## Índice de tablas

Tabla 1. Grado de trabajabilidad vs. Factor compactación .....	8
Tabla 2. Propiedades físicas de los agregados .....	15
Tabla 3. Ensayo de resistencia a la compresión .....	18
Tabla 4. Dosificación de aditivo y esfuerzo a la compresión – Ref. 1.....	19
Tabla 5. Dosificación de aditivo y esfuerzo a la compresión – Ref. 2.....	19
Tabla 6. Dosificación de aditivo y esfuerzo a la compresión – Ref. 3.....	19
Tabla 7. Valores ref. y prom. de relación a/c y aditivo.....	20
Tabla 8. Ensayo de extensión de flujo – Echevarría y Reyes .....	21
Tabla 9. Ensayo de extensión de flujo – Huamani .....	21
Tabla 10. Ensayo de extensión de flujo – Valores promedio.....	21
Tabla 11. Ensayo de extensión de embudo V – Echevarría y Reyes.....	22
Tabla 12. Ensayo de extensión de embudo V – Huamani.....	22
Tabla 13. Ensayo de extensión de embudo V – Valores promedio .....	22
Tabla 14. Resistencia a la compresión – Echevarría y Reyes.....	23
Tabla 15. Resistencia a la compresión – Huamani .....	23
Tabla 16. Resistencia a la compresión – Valores promedio.....	23
Tabla 17. Resist. a la comp. Vs. Porcentaje de aditivo – Echevarría y Reyes .....	24
Tabla 18. Resist. a la comp. Vs. Porcentaje de aditivo – Huamani .....	24
Tabla 19. Resist. a la comp. Vs. Porcentaje de aditivo – Valores promedio .....	25

## **Índice de figuras**

Figura 1. Curva esfuerzo – deformación según ASTM C 469 .....	7
Figura 2. Agregado grueso – Laboratorio UNFV .....	14
Figura 3. Secado de agregados con horno – Laboratorio UNFV .....	15
Figura 4. Slump concreto de alta resistencia – Laboratorio UNFV .....	17
Figura 5. Elaboración de probetas de concreto – Laboratorio UNFV .....	17
Figura 6. Ensayo de ensayo de esfuerzo a la compresión – Laboratorio UNFV ...	18

## Resumen

En el presente proyecto de investigación se realizó el análisis comparativo entre un concreto de alta resistencia  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  y concreto autocompactante para determinar las diferencias en el comportamiento mecánico específicamente en cuanto a compactación, resistencia y trabajabilidad, se desarrolló también la elaboración de un diseño de concreto con nuevas tecnologías denominado Concreto Autocompactante (CAC) el mismo que soluciona problemas en obra tales como la compactación ya que muchas veces se cuenta con estructuras densamente armadas, estas estructuras por lo general hacen complicado el proceso de vibración por lo que se producen cangrejas o pudiendo ser una estructura compleja, el tipo de acabado que conlleve un mal vibrado, resistencia, vacíos internos, cangrejas, etc., paralelamente buscando también un producto económico

En la presente investigación se analiza la variación del comportamiento mecánico del concreto en función al porcentaje de dosificación de aditivo superplastificante utilizado, ya que este parámetro influye en características como en su comportamiento resistente. Además se realiza un análisis de propiedades del concreto de alta resistencia y del concreto autocompactante en estado fresco empleando ensayos de escurrimiento y embudo en V así como también las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión.

De los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos antes descritos, concluimos en que conforme se incrementa la dosificación de aditivo superplastificante a la mezcla, la resistencia a compresión disminuye, siendo el rango de porcentaje óptimo de aditivo de 1% a 1.10% en peso del cemento, Así mismo se realizaron las respectivas conclusiones y recomendaciones .

**Palabras clave:** concreto, autocompactante, resistencia, trabajabilidad, compactación.

## **Abstract**

In the present research project, a comparative analysis was carried out between a high resistance concrete  $f'c = 350 \text{ kg / cm}^2$  and self-compacting concrete to determine the differences in the specific mechanical behavior in terms of compaction, strength and durability, as well as the elaboration of a concrete design with new known technologies Self-Compacting Concrete (CAC) the same that solves problems on site such as compaction since many times there are densely reinforced structures, these structures generally complicate the vibration process so they are produced crates or may be a complex structure, the type of finish that involves a bad vibration, resistance, internal voids, crabs, etc., in parallel also looking for an economical product In the present investigation the variation of the mechanical behavior of the concrete is analyzed as a function of the dosage percentage of superplasticizer additive used, since thais parameter influences characteristics such as its resistant behavior. In addition, an analysis of the properties of high-strength concrete and self-compacted concrete in the fresh state is carried out using V-runoff and funnel tests, as well as the properties of the concrete in the hard state such as compressive strength. From the results obtained after carrying out the tests before the results, we conclude that as the dosages of superplasticizer additive to the mixture increase, the resistance to compression, with the optimum percentage range of additive being from 1% to 1.10% in weight of the cement, likewise the respective conclusions and recommendations were considered.

**Keywords:** concrete, self-compacting, resistance, workability, compaction.



## **I. INTRODUCCIÓN**

El concreto es el material más empleado en el ámbito de la construcción pero entre el concreto que producen las concretas y el que se elabora in situ existe una gran variación en cuanto a calidad, ya que en las empresas especialistas se ciñen estrictamente a las dosificaciones requeridas para que el concreto alcance la resistencia deseada a un tiempo determinado, que llegue a su máximo desempeño alcanzando todas sus propiedades físicas y mecánicas y también que la trabajabilidad de la mezcla sea la adecuada, a diferencia del concreto elaborado en obra que muchas veces no llega a cumplir con los estándares requeridos teniendo como resultados elementos estructurales deficientes en cuanto a calidad de resistencia y acabado, además de dificultar la puesta en obra. Chile, ha utilizado hasta la fecha el concreto autocompactante, en México, la aplicación del concreto autocompactante ha sido utilizada básicamente en la construcción de viviendas, con ayuda de las empresas concretas. Países como, Argentina, Colombia, Canadá, entre otros, han iniciado gradualmente la implementación del concreto autocompactante en sus obras, después de un periodo de investigación, que continua hasta la fecha.

De la misma manera gradualmente en el Perú se está empezando a aplicar el concreto autocompactante ya que contamos con diversos climas, tipos de agregados y formas de fabricar concreto, uno de los problemas más recurrentes en obra es el mal vibrado del concreto y por consiguiente que se produzcan cangrejeras en elementos estructurales por lo que se tendría que rehacer un trabajo generando costos adicionales y tiempos improductivos, en Lima la empresa Cosapi en octubre del año 2015 construyó el edificio del Banco de la Nación al 100% con concreto autocompactante, quedando demostrado que con el uso de este tipo de concreto no es necesario ningún tipo de vibrado, además que por la envergadura del proyecto se pudieron realizar vaciado en turnos consecutivos, lo que eso se traduce a que hubo una disminución considerable en costos, en mano de obra, en partidas como tarrajeo o rehaciendo trabajos mal hechos.

En cuanto por lo expuesto se formuló el problema general ¿Cómo es el comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia y un concreto autocompactante en cuanto a compactación, resistencia y trabajabilidad? de igual manera planteamos los siguientes problemas específicos ¿Un concreto de alta resistencia vibrado se compactara igual que un concreto autocompactante?, ¿La resistencia final de un concreto autocompactante será mayor a la de un concreto de alta de resistencia?, ¿Para un concreto autocompactante se mantendrá la misma relación agua/cemento que se usa para un concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ?, ¿Se mantendrá el mismo SLUMP para un concreto de alta resistencia que para un concreto autocompactante?.

La presente investigación se justifica porque en la actualidad a pesar de trabajar con empresas concreteras eficientes muchas veces el resultado de los elementos estructurales no son los esperados, y esto no solo depende de la calidad del concreto sino también de la manera en la que este sea puesto en obra, así mismo se justifica técnicamente ya que el concreto autocompactante tiene propiedades mecánicas superiores a las del concreto estándar, aumentando la calidad y durabilidad, elimina la vibración del concreto acelerando el proceso productivo y mejora sus condiciones de trabajo, permite la producción de elementos muy finos, ahorro de materiales e incremento de las posibilidades de diseños arquitectónicos. Se analizará, ensayará y propondrá un diseño de concreto con un superplastificante que cumpla con las necesidades en construcción y que además cumpla con los parámetros de la NTP, y económicamente este vendría a ser el factor principal ya que al tener un concreto autocompactante cubriríamos las necesidades requeridas pero se podría obtener también un concreto más económico ya que tienen bajos contenidos de cemento, altas resistencias, además tienen mejores acabados reduciendo costos en la partida de tarrajeo o rehaciendo trabajos.

A raíz del problema general se formuló el objetivo general que es analizar el comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia y un concreto autocompactante para mejorar su compactación, resistencia y trabajabilidad y por consiguiente los problemas específicos como evaluar si la compactación de un concreto es más óptima que la de un concreto de alta resistencia convencional, determinar si la resistencia final de un concreto autocompactante es mayor a la de

un concreto de alta resistencia, evaluar si para un concreto autocompactante se mantiene la misma relación agua / cemento que se usa para un concreto  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup> y analizar en cuanto varia el slump de un concreto de alta resistencia y el de un concreto autocompactante.

Por último se planteó como hipótesis general que el comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia es diferente al de un concreto autocompactante en cuanto a compactación, resistencia y trabajabilidad y como hipótesis específicas que la compactación de un concreto autocompactante es más óptima que la de un concreto de alta resistencia convencional, la resistencia final de un concreto autocompactante es mayor a la de un concreto de alta resistencia, que para un concreto autocompactante se mantiene la misma relación a/c que se usa para un concreto  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup> y que el slump de un concreto de alta resistencia varia significativamente en relación con el de un concreto autocompactante.

## II. MARCO TEÓRICO

Rabanal y Su (2017), en su tesis titulada *“Diseño de un concreto Autocompactable”*. Tuvo como objetivo de investigación diseñar un concreto autocompactable para mejorar la calidad de las estructuras de concreto en grandes proyectos de edificación. Fue un estudio aplicado y experimental, se diseñó un concreto autocompactante con la aplicación d un superplastificante y micro sílice, los instrumentos fueron normas ASTM, tablas ACI, ensayos al concreto en estado fresco y endurecido. Los principales resultados fueron que para lograr que el diseño de concreto cumpla con los requisitos de autocompactabilidad que son: Capacidad de relleno, capacidad de paso y Resistencia a la segregación, entonces se podrían utilizar en estructuras densamente armadas, disminuyendo el proceso del vibrado y concluyó en que el concreto autocompactante diseñado fue más óptimo y de mejor calidad debido a que cumplió los estándares propuestos y también con las características específicas de un concreto autocompactante, además que fue superior al concreto convencional de alta resistencia de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Garay y Quispe (2016), en la tesis titulada *“Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techo de vivienda de Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante (Reductor de agua de alto rango)”* fijo como objetivo principal proponer una alternativa que disminuya los riesgos que conlleva la autoconstrucción usando aditivos superplastificantes ya que estos optimizan las propiedades del concreto teniendo mejores resultados, la investigación fue de tipo aplicado y experimental. Los principales resultados fueron que se obtuvo el análisis de la resistencia del concreto sin aditivo y se llegó a resultados que en promedio oscilan en  $138 \text{ kg/cm}^2$  y de los cuales solo 2 pasaron el valor de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , tal como se planteó en la hipótesis, los concretos producidos en viviendas no superan la resistencia mínima requerida por la Norma E 0.60, la presente tesis concluye en que debido a que actualmente el concreto que se usa en autoconstrucciones muchas veces es de mala calidad, se usó un aditivo superplastificante en determinadas obras de autoconstrucción quedó demostrado que en comparación de un concreto sin aditivo, el concreto que se ensayó usando el superplastificante aumento su resistencia en un 25%, esto lleva a hacer un

análisis que a pesar de en el país hay muchas obras que son construidas con concreto altamente optimo, hay un gran porcentaje de la población que no toma en cuenta lo indicado por las normas correspondientes por lo que podría ser recomendable inducir

Palomino Román (2017), en la tesis titulada *“Estudio Comparativo en la autoconstrucción de Edificaciones Utilizando Concreto Autocompactante con la Incorporación de aditivo superplastificante frente al concreto convencional realizados en la ciudad de Abancay”* fijo como objetivo principal determinar las propiedades mecánicas del concreto al agregarle distintas dosificaciones de aditivo superplastificante, la investigación fue de tipo cuantitativo y su nivel es descriptivo, la muestra que tomo fueron tres viviendas autoconstruidas, los instrumentos que se tomaron en cuenta fueron ensayos de agregados, pruebas de diseños y ensayos al concreto. Los principales resultados fueron que el concreto convencional (CC) y autocompactante (CAC) al ser sometidos a ensayos de resistencia a la compresión nos deberían resultar valores mayores a las resistencia especifica ( $f'c$ ); y se concluyó en que en cuanto al diseño de concreto autocompactante se utilizó un aditivo superplastificante tipo G, en la investigación se utilizó una dosis de aditivo de 0.85%, 1.125% y 1.4% del peso del cemento; donde encontramos una mejor trabajabilidad.

Se tomaron algunos conceptos relacionados al tema para poder explicar mejor el proyecto de investigación.

El concreto está conformado por una mezcla compuesta por cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en dosificaciones adecuadas para obtener propiedades específicas, principalmente la resistencia.<sup>11</sup> Las propiedades que debe tener un concreto están especificadas en las NTP; pero, para tener una adecuada realización se tendrá un estudio individual de los componentes del concreto, las propiedades que debe tener un concreto están especificadas en las normas técnicas peruanas; pero, para tener una adecuada realización se tendrá un estudio individual de los componentes del concreto, con esto obtendremos un adecuado conocimiento de las propiedades de los materiales y llevándonos a un diseño correcto de las mezclas de concreto a estudiar.<sup>12</sup>

Además analizaremos las propiedades de adiciones que se le hará a las mezclas de concreto; ya que sus compuestos cambian los comportamientos de los concretos tanto en estado fresco como endurecido.<sup>8</sup>

Por esto último descrito se determina que el concreto no es igual al de hace años, sino que ya vienen dado por la siguiente fórmula.

CONCRETO=CEMENTO+ÁRIDOS (FINO+GRUESO)+AGUA+AIRE+ADICIÓN.

La trabajabilidad, es una de las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco con la cual podemos determinar su capacidad para ser mezclado y colocado adecuadamente sin que se presente segregación,<sup>9</sup> esta propiedad se determina esencialmente por la consistencia y cohesividad del concreto fresco, características que deben ser controladas.

El método más empleado para medir la trabajabilidad es el cono de Abrams, sin embargo este ensayo más que medir la trabajabilidad mide la uniformidad de la mezcla, en el proceso de segregación del concreto constan de diferentes densidades, esto provoca que al mezclarse, las partículas más densas descendan, muchas veces la viscosidad de la mezcla se reduce ya que puede ocurrir una mala distribución de los agregados, granulometría deficiente, etc., se puede presentar segregación húmeda denominada exudación por exceso de agua o segregación seca por la falta de esta.

El módulo de elasticidad ( $E_c$ ) es la propiedad en la que el concreto, sometido a cargas puede deformarse, sin que esta deformación sea permanente

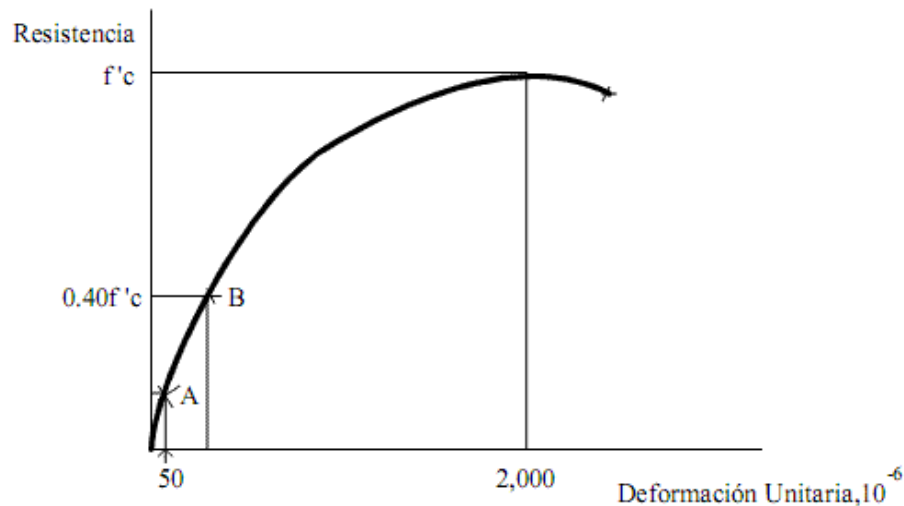


Figura 1: Curva esfuerzo – deformación según ASTM C 469

Para obtener la adecuada compactación del concreto sometemos a la mezcla a un movimiento que permita la liberación del aire hasta su eliminación, sin producir segregación, inicialmente el propósito de la compactación del concreto es disminuir la cantidad de vacíos ocupados por aire. [2]

El grado de deformación que posee el concreto es el máximo esfuerzo que soporta sin romperse ya que el objetivo principal del concreto es resistir esfuerzos de compresión,<sup>9</sup> existen dos factores muy importantes que permiten que el concreto elaborado pueda alcanzar su máxima resistencia: La relación a/c ya que esta nos indicara la proporción de agua respecto a las bolsas de cemento y, mientras menor sea esta relación, mayor será la resistencia, también el curado es parte importante, ya que es el complemento del proceso, sin este paso las características resistentes del concreto no se llegan a desarrollar del todo.<sup>6</sup>

**Tabla 1.** *Grado de trabajabilidad vs. Factor de compactación*

Trabajabilidad y factor de compactación del concreto				
Grado de trabajabilidad	Revenimiento		Fact. de compactación	
	mm	pulg.	Aparato Pequeño	Aparato Grande
MUY PEQUEÑO	0 A 25	0 A 1	0.78	0.80
PEQUEÑO	25 A 50	1 A 2	0.85	0.87
MEDIO	50 A 100	2 A 4	0.92	0.935
ALTO	100 A 175	4 A 7	0.95	0.96

Fuente: Libro Tópicos de tecnología de concreto

El Instituto Americano del Concreto define como concepto que los aditivos son empleados como ingredientes del concreto, y se añade inmediatamente a la mezcla.

Este material sirve para modificar u optimizar las propiedades del concreto, de acuerdo a los requerimientos de cada proyecto.



Los superplastificantes son aditivos que se emplean para el mejoramiento de las propiedades del concreto que son empleados para brindarle al concreto fresco una mejor trabajabilidad y compactación, también su uso sirve para optimizar la resistencia y la durabilidad del concreto , <sup>4</sup>este tipo de aditivo se aplica diluido en el agua de amasado dentro del proceso en el que se fijan las dosificaciones y se produce el concreto, aunque también se puede incluir en una mezcla in situ un momento antes de realizarse el vaciado, lo que produciría un concreto altamente fluido.

La dosificación que se emplea usualmente oscila en el rango de 0.2% y 2% del peso del cemento teniendo el cuidado correspondiente ya que si no se agrega la dosificación adecuada se pueden producir segregaciones.<sup>14</sup>

Para las mezclas en las que se necesite incluir superplastificantes se debe tener en consideración que en el diseño de mezcla debe tener una cantidad de agregados finos superior al tradicional, ya que también se puede segregar la mezcla si es que se vibra demasiado, el uso de un aditivo superplastificante no solo le brinda trabajabilidad a la mezcla sino que también posee características reductoras de agua, generando la disminución en un 20% o 30% del agua, pudiendo trabajar con slumps de 2" a 3" permitiendo que el concreto alcance muy altas resistencias con relaciones agua/cemento entre 0.25 a 0.30.

El CAC es aquel que posee la propiedad de fluir bajo su propio peso sin tener que ser compactado, aun en elementos densamente armados fluyendo sin segregación, asegurando la durabilidad del concreto.<sup>5</sup>

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de Investigación:**

##### **Tipo de investigación**

El objetivo principal de una investigación aplicada es desarrollar un problema en un periodo corto. [3]

De acuerdo con este concepto y debido a que realizamos diseños para alcanzar un objetivo esta investigación es de tipo aplicada

##### **Diseño de investigación**

El diseño experimental tiene como objetivo investigar valores que presentan las variables, su fin principal es medir una o más variables y brindar su descripción, llegando a un análisis comparativo. [4] En la presente investigación tenemos variables dependientes e independientes y analizamos si las independientes afectaron a las dependientes y de qué manera, por lo tanto el diseño es experimental

#### **3.2 Variables y operacionalización**

Variables Dependientes

Vd1: Concreto de alta resistencia (350 kg/cm<sup>2</sup>).

Vd2: Concreto Autocompactante.

Variable Independiente

Vi1: Comportamiento mecánico.

#### **3.3 Población, muestra y muestreo**

La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características similares, para las cuales serán extensivas las conclusiones. [30] La población estuvo compuesta por las mezclas de concreto realizadas f'c 350 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto autocompactante respectivamente.

La muestra al subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.<sup>7</sup> La muestra para la presente investigación quedó conformada por las probetas que se realizaron al concreto de alta resistencia y con la mezcla del concreto autocompactante que cumplirán estándares según normativa.

“La muestra se clasifica en probabilística y no probabilística [...], lo que significa que todos los miembros de la población tienen o no igualdad de oportunidad de conformarla”. [10] La muestra fue de tipo probabilística ya que todos los elementos del universo poblacional tuvieron características similares, por lo que todos los componentes de la población tuvieron la misma posibilidad de conformar la muestra.

## **2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos son procedimientos que se realizan con el propósito de conseguir información para desarrollar los objetivos de la investigación, <sup>7</sup> en la presente investigación se realizó ensayos que nos permitió estudiar características de las variables.

Los instrumentos son aquellos documentos con los cuales tuvimos la información necesaria para el desarrollo de la investigación, tales como fichas técnicas, fichas de análisis granulométrico, así mismo también especificaremos los ensayos a realizar

- Análisis granulométrico (ASTM D 422 / NTP 339.128)
- Limites granulométricos para agregados (ASTM C 33)
- Peso específico aparente y real del agregado grueso (ASTM C 127 / NTP 400.021)
- Peso específico aparente y real del agregado fino (ASTM C 128 / NTP 400.022)
- Resistencia a la abrasión (ASTM C 131 / NTP 400.019)
- Diseño de mezcla (ACI 211)
- Concreto Armado (RNE E.060)
- Ensayo de revenimiento (ASTM C 143)
- Método de prueba estándar para flujo de asentamiento (ASTM C 1611)
- Caja L (UNE 83363)
- Segregación (ASTM C 1610)
- Método de prueba estándar para la capacidad de paso del Concreto Autocompactante (ASTM C 1621)
- Especificación Normalizada de aditivos químicos para concreto (ASTM C 494)
- Especificación estándar para aditivos químicos para uso de concreto que

fluye (ASTM C 1017)

- Ensayo de resistencia a la compresión ( ASTM C 39 / NTP 339.034)
- 

### **3.5 Procedimiento**

Para el presente proyecto de investigación realizamos primero los ensayos correspondientes, análisis granulométrico para agregado fino y agregado grueso tal como lo señala las normas ASTM D 422 y ASTM C 33, de igual manera analizamos las propiedades físicas y mecánicas de los materiales después procedimos a realizar el diseño de mezcla para un metro cubico de concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  al cual denominaremos concreto convencional guiados por las tablas ACI y tomando también como referencia el RNE E.060, siendo esta mezcla una mezcla patrón, realizamos también otro diseño de mezcla el cual denominamos autocompactante en el que consideramos parámetros de la norma EFNARC – 2002 para el diseño y ASTM C 1017, ASTM C 494 para el uso de aditivo superplastificante, al concreto convencional se le realizo pruebas en estado fresco y endurecido, en estado fresco realizamos el ensayo de revenimiento o “cono de Abrams” que lo regula la norma ASTM C 143, mientras que al concreto autocompactante le realizamos el ensayo para flujo de asentamiento que lo regula la norma ASTM C 1611, el ensayo de caja en L UNE 83363, Ensayo de extensibilidad para comprobar su segregación ASTM C 1610 y Método de prueba estándar para la capacidad de paso del Concreto Autocompactante ( ASTM C 1621), ya en estado endurecido a ambas mezclas le realizamos el ensayo de rotura de probetas o ensayo de resistencia a la compresión normado por la ASTM C 39 o NTP 339.034.

### **3. 6 Método de análisis**

Una vez realizadas las mezclas, se ensayaron y se compararon con las normas para verificar que cumpliera con los parámetros establecidos de esta manera verificamos que los resultados nos ayuden a desarrollar los objetivos planteados

### **3. 7 Aspectos Éticos**

Recolectamos datos y resultados que se procesaron de manera veraz no falsificando ningún dato, información o resultado en esta investigación ya que esta podrá ser usada como referencia para cualquier otro investigador, verificando también que cada dato obtenido como referencia ya sea conclusiones o recomendaciones nos ayuden a resolver el objetivo y problema principal de la

investigación, además cada información tomada de alguna tesis, libro o artículo fue citado debidamente reconociendo al autor siendo totalmente conscientes además que algún tipo de plagio será sancionado.

#### IV. RESULTADOS

El objetivo general de la presente investigación es analizar el comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia y un concreto autocompactante para mejorar su compactación, resistencia y trabajabilidad por lo que analizamos mediante ensayos las propiedades físicas y mecánicas de los materiales para obtener mezclas óptimas y encontrar la dosificación correcta del aditivo Sika Viscocrete, un porcentaje de los ensayos y resultados fueron obtenidos por elaboración propia y otro porcentaje obtenidos como referencia de otros trabajos de investigación, los mismos que serán tomados como instrumentos, se extrajo material de la cantera Jicamarca, al cual le realizamos los ensayos respectivos en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional Federico Villareal para reconocer sus características físicas, de esta manera podremos proponer el diseño de mezcla más adecuado, tomamos como referencia según la norma los parámetros que debe tener los agregados finos y gruesos, los encontraremos en el (Anexo N° 2), de los ensayos realizados a los agregados, obtuvimos los siguientes resultados (Anexo N° 3)



*Figura 2: Agregado grueso – Laboratorio UNFV*



*Figura 3: Secado de agregados con horno – Laboratorio UNFV*

**Tabla 2.** *Propiedades físicas de los agregados*

	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
<b>MF</b>	<b>2.86</b>	<b>-</b>
<b>TMN</b>	<b>-</b>	<b>3/4"</b>
<b>% HUMEDAD</b>	<b>1.58%</b>	<b>0.98%</b>
<b>PUS</b>	<b>1437</b>	<b>1556</b>
<b>PUC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1772</b>	<b>1739</b>

Fuente: Elaboración propia

## DISEÑO DE MEZCLA

Laboratorio de materiales Universidad Nacional Federico Villareal

Concreto convencional  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^3$  (**Anexo N° 4**)

### Método ACI

#### Cemento:

- Tipo I
- Peso específico 3.12

Agua:

- Potable

#### Agregado fino:

- Peso específico de masa  $2.557 \text{ gr/cm}^3$
- Peso unitario suelto  $1437 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario compactado  $1772 \text{ kg/m}^3$
- Contenido de humedad 1.20 %
- Absorción 1.98 %
- Módulo de fineza 2.86
- Malla 200 11.23 %

#### Agregado grueso:

- piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal  $\frac{3}{4}"$
- Peso unitario suelto  $1556 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario compactado  $1739 \text{ kg/m}^3$
- Peso específico de masa  $2.755 \text{ gr/cm}^3$
- Absorción 0.54 %
- Módulo de fineza 6.82
- Contenido de humedad 0.98 %
- Malla 200 0.52 %

Asentamiento: consistencia plástica

Slump: 3"-4"

Volumen unitario de agua:  $247.6 \text{ lt/m}^3$

Relación a/c: 0.42

Factor cemento:  $247.6 / 0.42 = 589.5 \text{ kg/m}^3 = 13.9 \text{ bolsas / m}^3$

#### Valores de diseño corregidos:

- Cemento  $589.5 \text{ kg/ m}^3$
- Agua efectiva  $247.6 \text{ lt/ m}^3$
- Agregado fino  $760.5 \text{ kg/ m}^3$
- Agregado grueso  $766.4 \text{ kg/ m}^3$

Proporción en peso:  $\frac{589.5}{589.5} : \frac{760.5}{589.5} : \frac{766.44}{589.5}$



Proporción en volumen:        1    : 1.35    :    17.8    lt/bolsa

La norma ASTM C 143 nos indica que a la mezcla en estado fresco debemos realizarle el ensayo de revenimiento para corroborar su slump y su trabajabilidad (Anexo N° 4), realizamos la elaboración de las probetas de concreto para después someterlas al ensayo de resistencia a la compresión como lo indica la norma ASTM C 39, obtuvimos seis testigos, los cuales ensayamos a los 7, 14 y 28 días (Anexo 5)



*Figura 4: Slump concreto de alta resistencia – Laboratorio UNFV*



*Figura 5: Elaboración de probetas de concreto– Laboratorio UNFV*



Figura 6: Ensayo de esfuerzo a la compresión– Laboratorio UNFV

**Tabla 3.** Ensayo de resistencia a la compresión.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC
Nº	ELEMENTO	(pulg)	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	(kg/m³)
1	Concreto alta resistencia	3 1/2"	26/05/2018	2/06/2018	7	321
2	Concreto alta resistencia	3 1/2"	26/05/2018	2/06/2018	7	332
3	Concreto alta resistencia	3 1/2"	26/05/2018	9/06/2018	14	353
4	Concreto alta resistencia	3 1/2"	26/05/2018	9/06/2018	14	385
5	Concreto alta resistencia	3 1/2"	26/05/2018	23/06/2018	28	400
6	Concreto alta resistencia	3 1/2"	26/05/2018	23/06/2018	28	411

Fuente: Laboratorio de Materiales - UNFV

Una vez estudiados los agregados de la mezcla del concreto patrón consideramos el mismo diseño de mezcla con algunas variaciones, añadimos el aditivo Sika Viscocrete 3330.

**Tabla 4.** *Dosificación de aditivo y esfuerzo a la compresión- Referencia 1.*

DATOS			Esfuerzo a la compresión kg/cm <sup>2</sup>			
a/c	reducción agua	Viscocrete 3330	7 días	14 días	21 días	28 días
0.4	-	0.00%	-	-	-	-
0.4	-	0.90%	395	472	-	505
0.4	-	1.10%	441	483	-	536
0.4	-	1.30%	423	461	-	508

Fuente: Echevarría y Reyes, Influencia del aditivo Sika viscocrete-3330 en el ensayo de resistencia a la compresión y en las propiedades de un concreto autocompactante para elementos verticales, Trujillo, 2019

**Tabla 5.** *Dosificación de aditivo y esfuerzo a la compresión- Referencia 2.*

DATOS			Esfuerzo a la compresión kg/cm <sup>2</sup>			
a/c	reducción agua	Viscocrete 3330	7 días	14 días	21 días	28 días
0.56	0%	0.00%	231.14	263.72	281.97	328.82
0.41	-10%	1.00%	332.90	391.71	436.25	473.58
0.41	-15%	1.25%	300.94	360.45	380.96	433.04
0.41	-20%	1.50%	279.80	340.40	323.07	392.84
0.41	-30%	2.00%	246.71	284.94	292.01	326.37

Fuente: Huamaní, Concreto autocompactante: diseño, beneficio y consideraciones básicas para su uso en la ciudad de Ayacucho, 2018.

**Tabla 6.** *Dosificación de aditivo y esfuerzo a la compresión- Referencia3.*

DATOS			Esfuerzo a la compresión kg/cm <sup>2</sup>			
a/c	reducción agua	Viscocrete 3330	7 días	14 días	21 días	28 días
0.4	-	0.00%	311.93	362.83	-	404.39
0.4	-	0.60%	356.12	401.88	-	437.17
0.4	-	1.00%	375	415.05	-	455.56
0.4	-	1.50%	376.4	428.23	-	468.22
0.4	-	2.00%	314.68	343.19	-	380.09

Fuente: Pérez, Influencia del aditivo Sika Viscocrete 3330 en la durabilidad del concreto autocompactante elaborado con cemento tipo II y V, 2018.

Analizamos los resultados referenciales, Echevarría y Reyes al igual que Pérez mantienen constante la relación a/c de 0.40 en cada muestra, variando el porcentaje del aditivo Sika Viscocrete 3330, obteniendo Echevarría y Reyes resistencias finales del concreto más óptimas que Pérez, por otro lado Huamani reduce su relación a/c de 0.56 a 0.40 realizando cuatro mezclas con un 27% de reducción de agua y diferentes porcentajes de aditivo superplastificante, en los tres casos el  $f'c$  de diseño fue de 350 kg/cm<sup>3</sup> por lo que al igual que una de la hipótesis planteada la relación a/c se mantiene para un concreto convencional como para un concreto autocompactante

**Tabla 7.** Valores referenciales y promedio de relación a/c y aditivo.

DATOS	Reyes y Echevarría	Huamani	Pérez	PROM
a/c	0.4	0.41	0.4	0.40
dosificación	0.00	1.00	0.60	0.53
	0.90	1.25	1.00	1.05
	1.10	1.50	1.50	1.37
	1.30	2.00	2.00	1.77

Fuente: Elaboración propia

Como lo muestra la tabla 7, mantenemos la relación a/c constante con el diseño de mezcla del concreto convencional  $f'c = 350$  kg/cm<sup>3</sup> y tomaremos los porcentajes de 0.53%, 1.05%, 1.37% y 1.77% de dosificación del aditivo Sika Viscocrete para determinada obtener una mezcla de concreto autocompactante mas óptima, la norma EFNARC (2002) Especificaciones y Directrices del Hormigón Autocompactante – HAC, nos indica que al concreto autocompactante en estado fresco se le debe realizar 4 ensayos, Ensayo de escurrimiento (UNE 83361:2007), Ensayo de embudo V (UNE 83364:2007), Ensayo de anillo J (UNE 83362:2007) y Ensayo de caja en L (UNE 83363:2007).

El ensayo de escurrimiento nos brindó parámetros para evaluar la fluidez de la mezcla bajo su propio peso además también evaluamos la segregación de la mezcla como se observa en la tabla 8 y 9.

**Tabla 8.** *Ensayo de extensión de flujo – Echevarría y Reyes.*

Ensayo	Unidad	NORMA 83361:2007		PORCENTAJES DE ADITIVO		
		min.	máx.	0.90%	1.10%	1.30%
T <sub>50</sub>	seg	2.0	8.0	5.45	3.40	1.26
D <sub>max</sub>	cm	55.0	85.0	56.1	65.5	76.1
SEGREGACION				Ninguna	Ninguna	Ligera

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9.** *Ensayo de extensión de flujo – Huamani.*

Ensayo	Unidad	NORMA 83361:2007		PORCENTAJES DE ADITIVO			
		min.	máx.	1.00%	1.25%	1.50%	2.00%
T <sub>50</sub>	seg	2.0	8.0	5.6	4.8	4.3	3.1
D <sub>max</sub>	cm	55.0	85.0	68	69.3	72	75.5
SEGREGACION				Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera

Fuente: Elaboración propia

En el ensayo de extensión de flujo realizado por Echevarría y Reyes observamos que al tomar la última dosificación de 1.30% del aditivo se comienza a presentar una ligera segregación en la mezcla de concreto, por lo que nos serían más útiles los porcentajes de 0.90% y 1.10 %, al igual que en el ensayo realizado por Huamani resultó que a la mezcla en donde se añadió el 2% de aditivo también presentó segregación, por lo que analizando ambas podemos tomar un intervalo considerable desde el 0.9% de Echevarría y Reyes al 1.50 % de Huamani, promediamos los resultados y obtuvimos lo mostrado en la tabla 10.

**Tabla 10.** *Ensayo de extensión de flujo – Valores promedios referenciales.*

Ensayo	Unidad	NORMA 83361:2007		PORCENTAJES DE ADITIVO		
		Min.	Max.	0.53%	1.05%	1.37%
T <sub>50</sub>	seg	2.0	8.0	5.53	4.1	2.78
D <sub>max</sub>	cm	55.0	85.0	62.05	67.4	74.05
SEGREGACION				Ninguna	Ninguna	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de embudo V al igual que el ensayo de extensión de flujo o escurrimiento nos permite determinar mediante valores la fluidez del concreto autocompactante, también nos permite evaluar la resistencia a la segregación de la mezcla, aplicable

además para mezclas que cuenten con TMN máx. de 1”

**Tabla 11.** *Ensayo de embudo v – Echevarría y Reyes.*

Ensayo	Unidad	NORMA 83364:2007		PORCENTAJES DE ADITIVO		
		Min.	Máx.	0.90%	1.10%	1.30%
Tv	seg	4.0	20.0	14.08	9.20	5.41
SEGREGACION				Ninguna	Ninguna	Ligera

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12.** *Ensayo de embudo v – Huamani.*

Ensayo	Unidad	NORMA 83364:2007		PORCENTAJES DE ADITIVO			
		Min.	Máx.	1.00%	1.25%	1.50%	2.00%
Tv	seg	4.0	20.0	12.0	10.00	9.0	7.0
SEGREGACION				Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera

Fuente: Elaboración propia

Ya que el propósito principal del ensayo del embudo en V es determinar la capacidad de relleno de la mezcla autocompactante se mide en parámetros de segundos, siendo para Echevarría y Reyes los porcentajes óptimos nuevamente el 0.9% y 1.10% ya que para un valor de 1.30% de aditivo la mezcla presenta segregación, igualmente para Huamani en el valor más alto de 2.0% de mostro una ligera segregación, tomamos los valores óptimos y obtuvimos los resultados de la Tabla 13.

**Tabla 13.** *Ensayo de embudo v – Valores promedio referenciales*

Ensayo	Unidad	NORMA 83364:2007		PORCENTAJES DE ADITIVO		
		min.	Máx.	1.05%	1.37%	1.77%
Tv	seg	4.0	20.0	13.04	9.6	7.205
SEGREGACION				Ninguna	Ninguna	Ligera

Fuente: Elaboración propia

Evaluamos y comparamos los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizado a la mezcla de concreto patrón comparado con la del concreto autocompactante con las diferentes dosificaciones de aditivo.

**Tabla 14.** Resistencia a la compresión – Echevarría y Reyes.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup> (Promedio)					
Edad (días)	Muestra	CP	M-1	M-2	M-3
		0%	0.90%	1.10%	1.30%
7	5	349	395	441	423
114	5	398	472	483	461
28	5	430	505	536	508

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15.** Resistencia a la compresión –Huamani.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup> (Promedio)						
Edad (días)	Muestra	CP	M-1	M-2	M-3	M-4
		0%	1.00%	1.25%	1.50%	2.00%
7	2	236.30	326.36	294.04	272.04	243.34
14	1	263.72	391.71	360.45	340.40	284.94
21	1	281.97	436.25	380.96	323.07	292.01
28	1	318.80	466.50	426.96	389.82	319.85

Fuente: Elaboración propia

Promediando los resultados de nuestras fuentes Echevarría y Reyes, Huamani junto con los resultados ya obtenidos del concreto patrón tuvimos los valores mostrados en la Tabla 16.

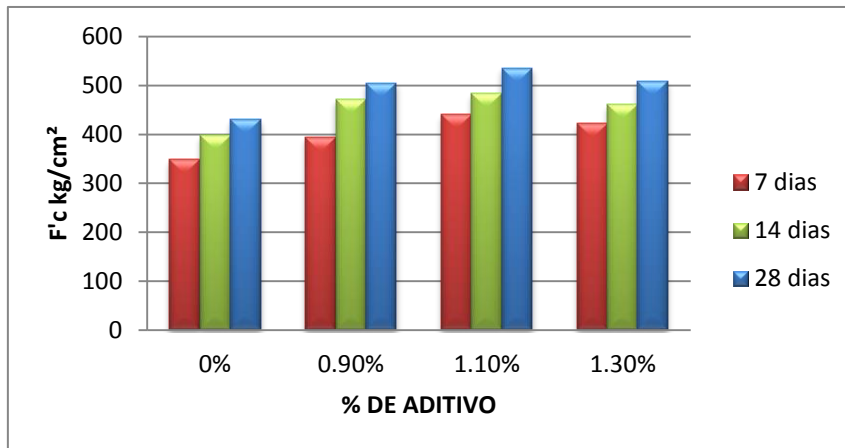
**Tabla 16.** Resistencia a la compresión –Valores promedios referenciales.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup> (Promedio)					
Edad (días)	Muestra	CP	M-1	M-2	M-3
		0%	0.53%	1.05%	1.37%
7	2	326.50	360.68	367.52	347.52
14	2	369	431.855	421.725	400.70
28	2	405.50	485.75	481.48	448.91

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos por Echevarría y Reyes, podemos observar que para la dosificación de 1.10 % de aditivo obtenemos mayores resistencias a los 7, 14 y 28 días, Tabla 17.

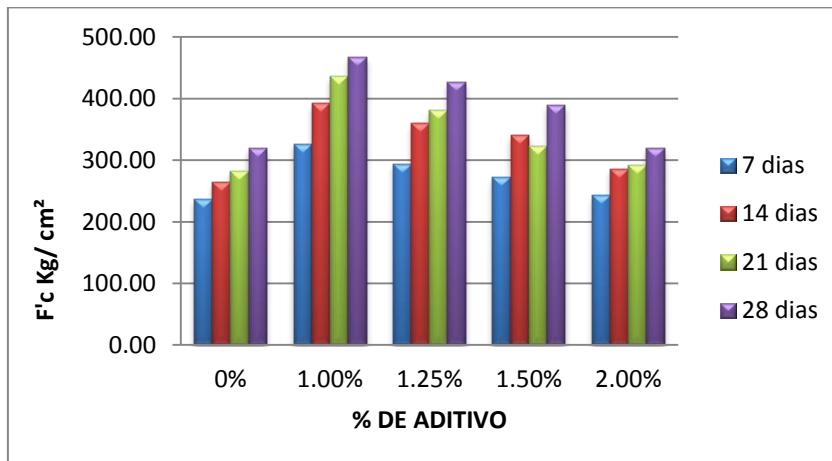
**Tabla 17.** Resistencia a la compresión Vs. Porcentaje de aditivo – Echevarría y Reyes.



Fuente: Elaboración propia

Para los resultados obtenidos por Huamani tenemos la Tabla 18, que nos muestra que para un valor de 1.0 % se obtienen mayores resistencias para 7, 14, 21 y 28 días, también podemos observar que a partir del 1.0% a medida que el porcentaje de aditivo aumenta, la resistencia del concreto comienza a disminuir.

**Tabla 18.** Resistencia a la compresión Vs. Porcentaje de aditivo – Huamani.

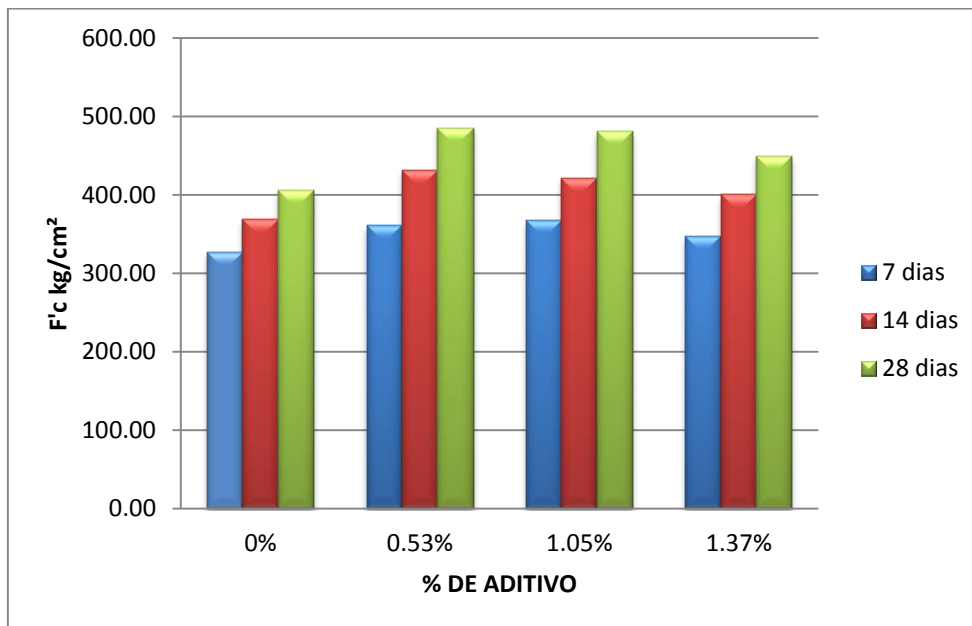


Fuente: Elaboración propia

Elaboramos también la diferencia para los valores referenciales, tal como lo muestra la Tabla 19.



**Tabla 19.** Resistencia a la compresión Vs. Porcentaje de aditivo – Valores prom.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla de nuestros resultados promedios también podemos observar que para el valor de 1.05% de aditivo tenemos las resistencias más óptimas en comparación con las otras dosificaciones.

## V. DISCUSIÓN

### Discusión Nº 1

En el ensayo del embudo V en donde la finalidad de este fue poder observar la capacidad de relleno de la mezcla es decir la compactación de esta, en la investigación de **Huamaní** que lleva por título “**Concreto autocompactante: Diseño, beneficios y consideraciones básicas para su uso en la ciudad de Ayacucho**” tenemos como resultado que para sus porcentajes de aditivo de 1.00 %, 1.25 % y 1.50 % el tiempo de vaciado del embudo más óptimo fue el de la dosificación de 1.50% alcanzando a vaciarse en 9 segundos pero la mezcla presenta segregación por lo que reduciría considerablemente la resistencia del concreto, en la presente investigación obtuvimos el valor más óptimo para 1.05% de dosificación alcanzando un tiempo de 9.5 segundos, tomando los valores referenciales podemos precisar que para el tiempo de 9.5 segundos se logra alcanzar una compactación óptima y tiende a fluir de manera más rápida para un concreto autocompactante sin presentar segregación debido a la baja dosificación de aditivo.

### Discusión Nº 2

Según **Huamaní** la resistencia de diseño de su concreto fue de 350 kg/cm<sup>2</sup>, al haber escogido una relación a/c 0.56, valor que resulta elevado para poder conseguir la resistencia de diseño, consultamos con sus resultados del ensayo de resistencia a la compresión y verificamos que **Huamaní** obtuvo una  $f'c$  promedio de 318.8 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días para su concreto patrón, en esta investigación diseñamos el concreto patrón con una relación a/c 0.40 y obtuvimos resultados más óptimos, resistencias  $f'c$  prom de 326,5 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 369 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 405,5 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días, por lo que en esta dimensión de resistencia a la compresión del concreto patrón la elección de la relación a/c de esta investigación resulto más óptima.

### **Discusión N° 3**

Huamani también fijó como uno de sus objetivos específicos **Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto autocompactante optimo, a través de ensayos de laboratorio, así mejorar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido**, aun así habiendo elegido un diseño patrón de 350 kg/cm<sup>2</sup> tomó como relación a/c 0.56, en mi proyecto de investigación tomamos como relación a/c 0.40 para la misma resistencia patrón, por lo que en este punto nuestra mezcla sería más resistente que la del autor Huamani, ya que a pesar de querer mejorar la resistencia sabemos cómo teoría que a mayor relación a/c menor será la resistencia del concreto patrón.

## VI. CONCLUSIONES

### Conclusión N° 1

#### Objetivo General

**Analizar el comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia y un concreto autocompactante para mejorar su compactación, resistencia y trabajabilidad**, luego de llevar a cabo los diversos ensayos al concreto de alta resistencia y al CAC tanto en estado fresco como endurecido se concluye que el concreto autocompactante posee características mecánicas considerablemente más óptimas que el concreto de alta resistencia convencional en los tres aspectos mencionados, mejor compactación, altas resistencias finales y trabajabilidad óptima.

### Conclusión N°2

#### Objetivo Específico 1

**Evaluar si la compactación de un concreto es más óptima que la de un concreto de alta resistencia convencional**, debido a que a la mezcla incorporamos aditivo superplastificante Sika Viscocrete 3330 pudimos concluir que la compactación del CAC es más óptima que la de un concreto de alta resistencia convencional, ya que el CAC al tener una consistencia fluida tiene la propiedad principal de llenar en su totalidad el espacio en el que sea vaciado por su propio peso.

### Conclusión N°3

#### Objetivo Específico 2

**Determinar si la resistencia final de un concreto autocompactante es mayor a la de un concreto de alta resistencia**, concluimos en que efectivamente las resistencias finales que obtenemos después del ensayo de esfuerzo a la compresión a un CAC son mucho más favorables que las obtenidas de un concreto de alta resistencia convencional, no solo mostrando altas resistencias finales sino también iniciales.

#### **Conclusión N°4**

##### **Objetivo Específico 3**

**Evaluar si para un concreto autocompactante se mantiene la misma relación a/c que se usa para un concreto  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$** , después de analizar nuestros resultados concluimos en que para un CAC si se mantiene la misma relación a/c elegida para un concreto de alta resistencia convencional, con el aditivo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1.- Debido a que el CAC se compacta de manera más óptima que el concreto de alta resistencia convencional, se recomienda que se tome en consideración el uso frecuente de este tipo de concreto, más aun si se tiene estructuras densamente armadas o estructuras complejas arquitectónicamente ya que de esta manera se evitara la segregación o lo que comúnmente llamamos “cangrejas”.

2.- Ya que se pudo demostrar que el CAC logra tener altas resistencias iniciales y finales en comparación con un concreto de alta resistencia convencional, recomendamos el uso de este concreto debido a que al poseer altas resistencias, la estructura tiene mayor probabilidad de ser más durable.

3.- Al concluir que la relación a/c se mantiene tanto para el CAC como para el concreto convencional, se recomienda considerar la misma relación a/c empleada en la presente investigación ya que de esta manera obtenemos resultados óptimos para un concreto convencional y un CAC

4.- En el caso de aplicarse el aditivo Sika Viscocrete 3330 a un concreto para tener las propiedades de un CAC, se recomienda el rango de dosificación entre 1.00% y 1.10% ya que adicionando más aditivo por kilo de peso la mezcla presenta segregación y en estado endurecido los valores de resistencia del concreto decrecen.

## REFERENCIAS

1. ALVAREZ, J. (2014). Hormigón Autocompactante con Nano Adiciones y Fibras. Tesis.
2. ANGULA, F. y Guzmán, E. Investigación: "En qué medida influye el porcentaje de superplastificante Viscocrete - 111 O sobre la trabajabilidad en estado fresco y la resistencia a la compresión en estado endurecido de un concreto de alta resistencia". Trujillo- Perú. 2007
3. Asocem "Aditivos del Concreto". Disponible en:  
<http://www.asocem.org.pe/aditivo.pdf>.
2. ASTM C469-C469M-14 Standard Test Method for Static Modules of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression concrete cylinders.
4. BENITO, F. (2014). Propiedades mecánicas y retracción de hormigones autocompactantes fabricados con escorias siderúrgicas de alto horno. Valencia.
- CARRASCO, F. (2013). Propiedades de la mezcla fresca de hormigón. Santa Fe.
5. CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO. Vidaud Quintana, Eduardo. Método mecánico para la compactación del concreto. 2015 [en línea]. Abril. [Fecha de consulta: 3 de abril de 2020]. Disponible en:  
<http://www.revistacyt.com.mx/index.php/ingenieria/388-metodo-mecanico-para-la-compactacion-del-concreto-la-vibracion-parte-i>
6. CHAVEZ, N. (2007) Introducción a la Investigación Educativa. Tercera Edición en Español. Editorial La Columna. Maracaibo- Venezuela. p. 134.
7. CHAVEZ, N. (2007) Introducción a la Investigación Educativa. Tercera Edición en Español. Editorial La Columna. Maracaibo- Venezuela. p. 147.
8. EFNARC (The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems). 2002. Especificaciones y Directrices para el Hormigón

Autocompactante – HAC (en línea). Consultado 25 julio. 2017. Disponible en <https://www.efnarc.org>.

9. FLORES, B. (2015). Hormigón Autocompactante. Quito.

10. GARAY y QUISPE. Estudio del concreto elaborado en los vaciados de techo de vivienda de Lima y evaluación de alternativa de mejora mediante el empleo de aditivo superplastificante (Reductor de agua de alto rango. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016.

11. GARCÍA, L., Jacobo, F., & Mendoza, J. (2014). Factores que influyen en la resistencia del concreto en la construcción de la residencia universitaria San Eloy de la ciudad de Trujillo. Trujillo.

12. GARCIA, S., & Mas, V. (2009). Piel de Hormigon Aspectos Tecnicos y Esteticos del Hormigón Autocompactante. Valencia.

13. GONZÁLEZ, S., Landaverde, A., & Romero, C. (2005). Concreto autocompactante: propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el salvador. San Salvador.

14. HERNANDEZ, *et al* (2006) Proceso de investigación, México.

15. HUARCAYA, C. (2014). Comportamiento dela asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290N y aditivo super plastificante viscoflow20E. Lima.

16. LEON Soto. Concreto (hormigón) con cemento sol tipo-I de resistencias tempranas con tecnología Sika Viscocrete 20 HE. Lima: Universidad Ricardo Palma., 2010

17. MANUAL Sencico (Perú). E-060 2014, concreto. Lima: 2014. p .12

18. MONJE Álvarez, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Colombia: Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, 2011



19. Norma E.060. Concreto Armado. Lima. Perú.
20. NTP 339.185:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
21. NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed. R. 71-2001-INDECOPI-CRT (2001-07-17).
21. PACCOSONCCO, I. C. (2013). Diseño de Concreto Autocompactante con Agregado Angular y Sub-Redondeado Utilizando Aditivos de las Marcas Chema, Sika y Euco. Tesis.
22. PASQUEL Carbajal, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Colegio de Ingenieros del Perú, 1993.
23. PÉREZ, C. (2015). Influencia del aditivo Sika Viscocrete 3330 en la durabilidad del concreto autocompactante elaborado con cemento tipo II y V. Cajamarca.
24. PROYECTOS EDUCATIVOS. Introducción a la metodología de la investigación 2013 [en línea]. Abril. [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://proyectoseducativoscr.wordpress.com/elaboracion-del-ante-proyecto/capitulo-iii-marco-metodologico-de-la-investigacion/3-3-poblacion-y-muestra/>
25. RABANAL, Diana y SU, Alexander. Diseño de un concreto autocompactable. Tesis (Título de ingeniería civil). Chiclayo: Universidad Señor de Sipan, Escuela de Ingeniería Civil, 2017.
26. RIOS, A., & Tolmos, F. (2016). Optimización en el sistema constructivo para elementos verticales en edificaciones empleando el sistema de vaciado por inyección desde la parte inferior con concreto autocompactante. Lima.

27. RIVVA, E. (2014). Materiales para el Concreto (Tercera ed.). Lima.  
SÁNCHEZ, H. (2014). Efecto del Aditivo Superplastificante Sika Viscocrete en la Resistencia Mecánica del Concreto Autocompactante. Tesis.
28. SIKA. (s.f.). Sika Viscocrete 3330. Hoja Técnica.
29. SIKA S.A. (2015). Optimización del diseño de Mezclas del Concreto . Obtenido de <https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/publicaciones/articulos-tecnicos/que-es-reologia-concreto-construccion/como-optimizar-diseno-mezclas-concreto.html>
30. Tesis de investigación [Mensaje en un blog]. Lima: S.A., (2012). [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2018]. Recuperado de: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2012/01/poblacion-y-muestra.html>.
31. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD. 2014 [en línea]. Marzo . [Fecha de consulta: 15 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/arqluziutet/validez-y-confiabilidad-32651461>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ( $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ )	Según el comité del ACI El concreto es una mezcla de cemento, agua y agregados cuya función es unir las diversas partículas del agregado grueso llenando los vacíos entre ellas.	Aquel concreto aplicable en obra, de diferentes resistencias según sea el requerimiento, en este caso específicamente $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	Relación agua / cemento	-Tabla del ACI
			Resistencia del concreto	-Ensayo de Resistencia a la compresión
			Ensayos en estado fresco	- Slump
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	Según el EFNARC es un concreto que puede fluir con su propio peso y llenar completamente el encofrado incluso en presencia de un armado denso, sin necesidad de ninguna vibración, al mismo tiempo que mantiene la homogeneidad.	Concreto resultante de la mezcla de un concreto estándar más un aditivo que le proporciona características como mayor trabajabilidad y resistencia.	Relación Agua/cemento	- Tablas EFNARC - Tablas ACI
			Resistencia a la segregación	- Cono invertido
			Ensayos en estado fresco	- Caja en L - Cono invertido
COMPORTAMIENTO MECANICO	Es la conducta que presentan las propiedades de los materiales al ser sometidas a fuerzas mecánicas externas que tienden a alterar su capacidad de equilibrio, es de destacar, que el comportamiento mecánico de los materiales	Conducta de los materiales ante la acción de fuerzas externas tales como resistencia, durabilidad, compactación	Relación agua/cemento	- Tablas ACI
			Resistencia	- Ensayo de Resistencia a la compresión
			Trabajabilidad	- Ensayo de revenimiento

## Anexo 2: Análisis granulométrico de agregado fino

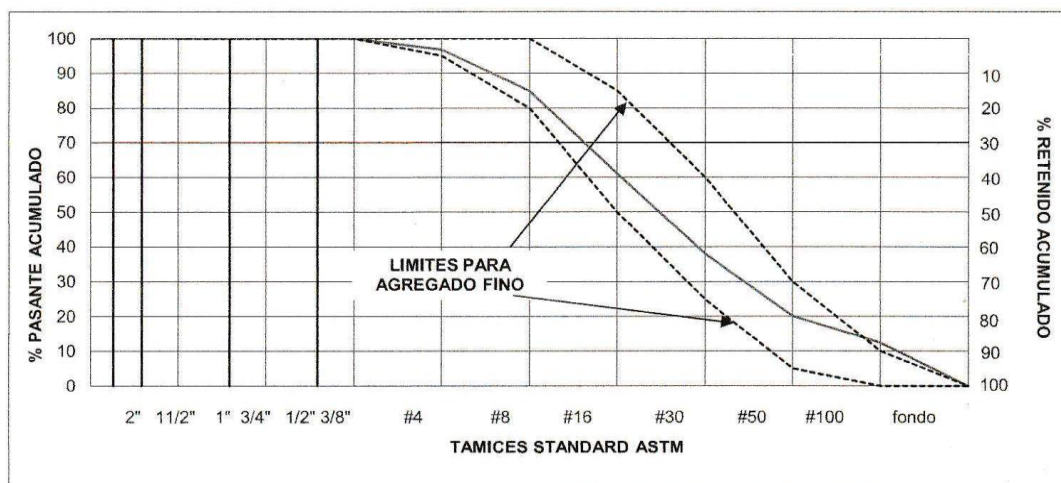
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM C 136 - NTP 400.012

INFORME N° : 001 - EXP. 028 - LEM 2018  
 SOLICITANTE : LOZANO VILLASECA TANIT PIERINA  
 PROYECTO : COPORTAMIENTO MECANICO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  Y UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON LA APLICACIÓN DE UN ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE  
 MATERIAL : AGREGADO FINO  
 CANTERA : JICAMARCA  
 FECHA : 18/05/2018

GRANULOMETRIA					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA (c)	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	MODULO DE FINEZA	2,86
3"	-			100,0	TAMAÑO MÁXIMO	
2 1/2"	-			100,0	(A) peso de tara (gr) :	163,9
2"	-			100,0	(B) peso de muestra original húmeda(gr):	927,3
1 1/2"	-			100,0	(C) peso de muestra seca(gr) :	915,4
1"	-			100,0	% HUMEDAD	1,58
3/4"	-			100,0	[B-C] * 100 / [C-A]	
1/2"	-			100,0	(D) peso de tara (gr) :	
3/8"	-			100,0	(E) peso de muestra seca (gr) :	
# 4	23,0	3,2	3,2	96,8	(F) peso de muestra después de lavado	
# 8	86,5	11,9	15,1	84,9	seca (gr) :	
# 16	172,0	23,7	38,8	61,2	%PASANTE DE M # 200	
#30	168,0	23,2	62,0	38,0	[E-F] * 100 / [E-D]	
#50	129,5	17,8	79,8	20,2	OBSERVACIONES	
#100	56,5	7,8	87,6	12,4		
FONDO	90,0	12,4	100,0	0,0		
TOTAL	725,5	100,0	MODULO FINEZA	2,86		

GRAFICO



### Anexo 3: Análisis granulométrico de agregado grueso

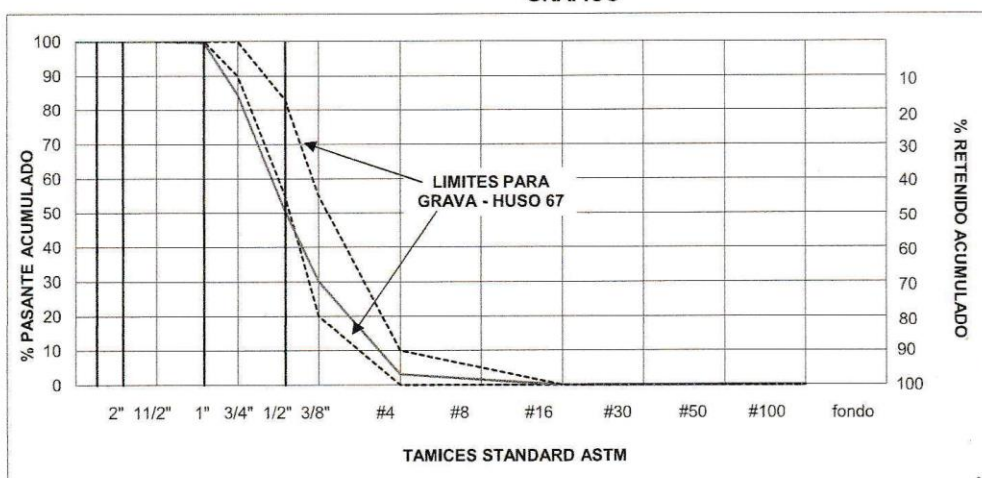
#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM C 136 - NTP 400.012

EXPEDIENTE N° : 002 - EXP. 028 - LEM 2018  
 SOLICITANTE : LOZANO VILLASECA TANIT PIERINA  
 PROYECTO : COPORTAMIENTO MECANICO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  Y UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON LA APLICACIÓN DE UN ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO - HUSO 67  
 CANTERA : JICAMARCA  
 FECHA : 18/05/2018

GRANULOMETRIA					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA (c)	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	MODULO DE FINEZA	6,82
3"	-			100,0	TAMAÑO MÁXIMO	3/4
2 1/2"	-			100,0	(A) peso de tara (g) :	
2"	-			100,0	(B) peso de muestra original húmeda(g):	
1 1/2"	-			100,0	(C) peso de muestra seca(g) :	
1"	20,5	0,3	0,3	99,7	% HUMEDAD	
3/4"	1.057,0	15,2	15,5	84,5	[B-C] * 100 / [C-A]	
1/2"	2.361,0	34,0	49,5	50,5	(D) peso de tara (g) :	
3/8"	1.422,0	20,5	69,9	30,1	(E) peso de muestra seca (g) :	
# 4	1.876,0	27,0	96,9	3,1	(F) peso de muestra después de lavado seca (g) :	
# 8	109,0	1,6	98,5	1,5	%PASANTE DE M # 200	
# 16	23,3	0,3			[E-F] * 100 / [E-D]	
#30	15,8	0,2			OBSERVACIONES	
#50	-					
#100	-					
FONDO	64,4	0,9	99,4	0,6		
TOTAL (a)	6949,0	100,0	MODULO FINEZA	6,82		

#### GRAFICO





## Anexo 4: Diseño de mezcla



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

**LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES**  
**DISEÑO DE MEZCLA**

**SOLICITA :** LOZANO VILLASECA TANIT PIERINA  
**PROYECTO :** COMPORTAMIENTO MECANICO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  Y UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON LA APLICACIÓN DE UN ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE  
**LUGAR :** LIMA.  
**FECHA :** 09-06-2018

**ESPECIFICACIONES:**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.-Cemento :**

- Tipo I
- Peso específico ..... 3.12

**B.-Agua :**

- Potable, de la zona.

**C.-Agregado fino :**

**Cantera: Jicamarca**

- Peso específico de masa  $2.557 \text{ gr / cm}^3$
- Peso unitario suelto  $1437 \text{ kg/m}^3$
- Peso unitario compactado  $1772 \text{ kg/m}^3$
- Contenido de humedad 1.20 %
- Absorción 1.98 %
- Módulo de fineza 2.86
- Malla 200 11.23 %

**D.-Agregado grueso :**

**Cantera: Jicamarca**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- peso unitario suelto  $1556 \text{ kg/m}^3$
- peso unitario compactado  $1739 \text{ kg/m}^3$
- peso específico de masa  $2.755 \text{ gr/cm}^3$
- absorción 0.54 %
- Módulo de fineza 6.82
- contenido de humedad 0.98%
- Malla 200 0.52 %

**CULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.**  
**Laboratorio de Ensayos de Materiales**  
**COORDINADOR**

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 – 9727 Teléfono fax 2638046  
Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe



CONTINUA//...

"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

**LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES**

**SELECCION DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 247.6 lt/m<sup>3</sup>.

**RELACION AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.42

**FACTOR CEMENTO**

$$F.C. : 247.6 / 0.42 = 589.5 \text{ kg/m}^3 = 13.9 \text{ bolsas / m}^3$$

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS:**

cimento .....	589.5	kg/m <sup>3</sup>
agua efectiva .....	247.6	lt/m <sup>3</sup>
agregado fino .....	760.5	kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso.....	766.4	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCION EN PESO**

$$\frac{589.5}{589.5} : \frac{760.5}{589.5} : \frac{766.4}{589.5}$$

$$1 : 1.29 : 1.30 / 17.8 \text{ lts / bolsa}$$

**PROPORCION EN VOLUMEN**

$$1 : 1.35 : 1.25 / 17.8 \text{ lts / bolsa}$$

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR

## Anexo 5: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Facultad de Ingeniería Civil



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : LOZANO VILLASECA TANIT PIERINA  
PROYECTO : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA  
 $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  Y UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON LA APLICACION DE  
UN ADITIVO SUPERPLASTICANTE  
FECHA : sábado, 23 de junio de 2018  
EXPEDIENTE N° : 028 - LEM 2018

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC
N°	ELEMENTO	( pulg. )	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO ALTA RESISTENCIA	3 1/2	26/05/2018	02/06/2018	7	321
02	CONCRETO ALTA RESISTENCIA	3 1/2	26/05/2018	02/06/2018	7	332
03	CONCRETO ALTA RESISTENCIA	3 1/2	26/05/2018	09/06/2018	14	353
04	CONCRETO ALTA RESISTENCIA	3 1/2	26/05/2018	09/06/2018	14	385
05	CONCRETO ALTA RESISTENCIA	3 1/2	26/05/2018	23/06/2018	28	400
06	CONCRETO ALTA RESISTENCIA	3 1/2	26/05/2018	23/06/2018	28	411

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV,  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima  
Central -Telefónica 7480888- anexo 9719 – 9727 Teléfono fax 2638046  
Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe





# HOJA TÉCNICA

## Sika® ViscoCrete®-3330

Aditivo superplastificante de alto rango para climas fríos

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o se necesita altas resistencias a tempranas edades.

#### USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto pre-mezclado.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
  - Concreto pre-fabricado.
  - Acelera la fragua del concreto.
  - Para concretos de pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio.
  - Concreto para climas fríos.
  - Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%)
  - Es adecuado para concreto bajo agua, sistemas Tremie. (la relación agua material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
  - Concreto de alta resistencia.
  - Concreto autocompactante.
- El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® ViscoCrete®-3330 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia)
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados)
- Alta impermeabilidad
- Menor relación agua – cemento la impermeabilidad.
- Aumenta la durabilidad del concreto.